

Etudes des informations récoltées avec le programme de sciences participatives **CIGESMED *for divers***

Titouan Grancher

2022



© O. Bianchimani - Septentrion Environnement

Maitres de stages

Giulia Gatti

Laura Barth

Présentation de la structure d'accueil :

Septentrion Environnement est une association loi 1901 fondée en 2007 dans le but de promouvoir et de développer des activités liées au milieu marin en s'inscrivant dans un projet de développement durable et en s'appuyant sur le patrimoine culturel, historique et écologique de la région marseillaise et de ses environs. Basée à Marseille, elle possède plusieurs domaines d'expertises, rassemblés dans trois pôles en étroite relation : scientifique, médiation et formation. Cette structure professionnelle, aujourd'hui composée de 10 salariés, réalise donc différentes missions comme de l'inventaire et des suivis de la faune marine méditerranéenne, de l'écologie de la conservation, de la photogrammétrie, de la restauration écologique et participe aussi à la sensibilisation au travers des sciences participatives, des animations *in situ* et prend part à la formation d'étudiants et futurs professionnels en s'impliquant par exemple au sein d'un BTS-Bachelor Gestion Protection de la Nature spécialité Milieux Marins.

De plus, cette structure propose également une école de plongée associative permettant à ses membres, en plus des formations classiques de la plongée loisir, de participer à un programme de sciences participatives créé, développé et coordonné par cette équipe de plongeurs biologistes : POLARIS. Dans ce programme, plusieurs protocoles, répondant à des objectifs scientifiques et de gestion sont proposés, dont le protocole CIGESMED *for divers* auquel j'ai pris part durant ce stage.

Lors de ce stage, j'ai été encadré par deux personnes : Laura Barth, responsable du programme de sciences participatives POLARIS. Elle m'a formé au programme POLARIS et au protocole CIGESMED *for divers*. Giulia Gatti, docteur en Science de la mer et co-créatrice de ce protocole, m'a quant à elle, accompagné pour la gestion et l'exploitation des données récoltées par les observateurs en plongée.

Remerciements :

Je tiens à remercier tout particulièrement Laura Barth et Giulia Gatti qui m'ont encadré tout au long du stage et m'ont permis d'être présent lors des sorties sur le terrain en Corse. Cette expérience a été très enrichissante et a pu répondre à beaucoup de mes interrogations sur les sciences participatives et le monde associatif.

Je remercie aussi tous les membres de Septentrion Environnement qui m'ont tous très bien accueilli, répondu à toutes mes questions et m'ont fait découvrir beaucoup plus que mon sujet de stage. Grâce à l'école de plongée, j'ai pu aussi continuer à me faire de l'expérience en plongée et profiter de la beauté de la Méditerranée.

Pour finir, je remercie mes parents sans qui je n'aurais pas pu avoir la chance de réaliser ce stage et qui m'ont soutenu tout au long de mes études.

Sommaire

Introduction	1
Matériels et méthodes.....	3
Zone d'étude	3
Récolte des données.....	3
Traitement des données	4
Résultats	5
Informations non renseignées	5
Observations :	6
Température.....	6
Les organismes du coralligène :	6
Les pressions.....	7
Rugosité	8
Pente	9
Discussion	10
Observations et choix des sites	10
Pertinence des variables.....	10
Profondeur.....	10
Température	10
Organismes du coralligène.....	11
Les pressions	11
Caractéristiques des sites	12
Pistes d'améliorations.....	14
Formation/ briefing	14
Plaquette.....	14
Matériel	14
Données.....	14
Conclusion.....	15
Bibliographie :.....	16
Annexes	18
Résumé.....	19
Abstract	19

Introduction

Dans un contexte où les pressions anthropiques sont de plus en plus importantes sur le milieu marin, la surveillance à long terme et l'étude du changement des écosystèmes est crucial pour quantifier les bouleversements majeurs qui s'opèrent dans les mers et les océans (Duarte, 2014). Cependant, le suivi des différents écosystèmes subtidaux est soumis à des difficultés méthodologiques et logistiques rendant parfois difficile la récolte d'informations *in situ*. C'est notamment le cas des habitats rocheux circalittoraux, qui présentent des contraintes d'acquisition de données fortes par rapport à d'autres biotopes tels que les zones intertidales ou pélagiques. Ces obstacles ont parfois conduit à la négligence de ces habitats benthiques, notamment pour les récifs coralligènes qui restent relativement peu étudiés en comparaison de leurs homologues tropicaux que sont les récifs coralliens (García-Gómez et al., 2020).

Au départ appelé *broundo* par les pêcheurs provençaux, le terme « coralligène » a été défini par Marion (1883) pour la première fois, désignant (à tort) les fonds producteurs de corail rouge. La définition propre de récif coralligène fait encore débat au sein de la communauté scientifique, mais Ballesteros (2006) l'a défini comme étant un bioherme d'algues rouges calcaires construisant des récifs et se développant dans des eaux à des taux de radiations lumineuses et d'hydrodynamisme faibles. Les conditions environnementales nécessaires au développement de ces concrétions d'algues calcaires se retrouvent dans l'étage circalittoral, majoritairement au-delà de 20 mètres de profondeur en Méditerranée nord-occidentale. Malgré tout, il est possible de les retrouver au-dessus de cette limite sous la forme d'enclaves dans l'étage infralittoral, sous des surplombs où des grottes permettant les conditions de faible luminosité nécessaire à la croissance de ce bioherme. L'habitat coralligène est caractérisé par une morphologie complexe et peut héberger toutes sortes de communautés de fonds rocheux et meubles, c'est pourquoi il est préférable de le définir comme un paysage plutôt qu'une seule communauté. Le coralligène est donc source de biodiversité et fournit divers services écosystémiques (Thierry de Ville d'Avray et al., 2019). Malheureusement, cet écosystème emblématique de la Méditerranée est aujourd'hui soumis à de nombreuses pressions, la plupart du temps d'origine anthropique, telles que la pollution, la présence d'espèces invasives (Piazzi et al., 2012), la pêche (Ferrigno et al., 2018), les dégâts causés par les plongeurs ainsi que le dérèglement climatique provoquant des anomalies thermiques conduisant à la mortalité de nombreuses espèces associées aux récifs coralligènes. Ces nombreuses pressions, exercées sur ce milieu, peuvent perturber l'équilibre fragile entre construction et érosion provoquant ainsi une perte de biodiversité (Linares et al., 2010).

C'est dans ce contexte où les lacunes en informations sur les récifs coralligènes sont nombreuses que la science participative peut s'inscrire. En effet, depuis quelques années, l'intérêt du grand public pour la protection des milieux naturels, terrestres ou marins, croît fortement, ainsi que le souhait de contribuer concrètement aux actions de conservation. Les programmes de sciences participatives ou citoyennes peuvent ainsi venir consolider les informations récoltées par les scientifiques ou, inversement, alerter et diriger des études scientifiques plus précises. De plus, ces actions permettent un suivi des écosystèmes sur une période de temps relativement longue, s'il est correctement mis en place au sein du territoire. Ce mode d'acquisition de données à large échelle est déjà bien développé au niveau des milieux terrestres mais est encore balbutiant pour le domaine sous-marin et plus particulièrement concernant les habitats benthiques (Thiel et al., 2014). Quelques programmes de sciences participatives ont commencé à naître sur la façade méditerranéenne concernant divers domaines

tels que la surveillance d'espèces vulnérables, l'étude des communautés de poissons ou encore des espèces envahissantes par exemple. Cependant, aucun de ces protocoles citoyens n'avait pour objectif de monitorer le coralligène (Gatti & Barth, 2020).

Le programme de sciences participatives CIGESMED *for divers*, créé en 2016, est issu du projet international CIGESMED SeasEra visant à surveiller l'habitat coralligène tout autour de la Méditerranée. CIGESMED *for divers* s'inscrit aujourd'hui dans le programme européen Life MARHA soutenu par l'OFB, au sein du volet de science participative, afin de répondre aux recommandations de la directive européenne « Habitats-Faune-Flore » visant à mesurer l'état de conservation de divers habitats et espèces associés. Ce protocole est donc tourné essentiellement vers la surveillance des récifs coralligènes dans les zones Natura 2000 sur la façade méditerranéenne. Il a principalement deux objectifs, qui sont à la fois de récolter des informations mais aussi de sensibiliser et de responsabiliser un public large à la vie associée aux concrétions algaires, à son respect ainsi qu'à sa protection.

Créé par des scientifiques plongeurs, le défi de la mise en place d'un tel protocole de sciences participatives a été de proposer une méthode d'observation simple et rapide qui fournisse des informations représentatives et fiables, tout en veillant à la sécurité des plongeurs de loisir et en leur permettant de profiter d'une exploration après l'observation qui ne prend que 15 à 20 minutes sur une plongée moyenne de 45 minutes. La sélection des informations telles que les espèces, les différentes pressions ou encore les facteurs abiotiques et caractéristiques des sites ont donc fait l'objet d'une longue réflexion afin de simplifier et rendre accessible le protocole à un panel de profils très varié, sans connaissance pré-requise en biologie marine. Une formation théorique préalable est tout de même indispensable pour fournir aux participants les bases nécessaires pour appliquer correctement le protocole d'observation et remplir la plaquette immergeable qui supporte l'acquisition des informations (Annexe 1).

Les données issues du programme CIGESMED *for divers* sont centralisées dans l'application mobile de la plateforme POLARIS (Barth, 2020). Développée par Septentrion Environnement, l'application supporte la saisie des données d'autres protocoles de sciences participatives tels que Coral Alert, Fish Visual Census ou encore la Veille environnementale, permettant ainsi de regrouper une grande quantité d'informations sur les divers communautés et habitats de la Méditerranée.

Ce protocole s'inscrit donc dans un large effort de surveillance environnementale. Néanmoins, le traitement et la simplification des relevés peuvent limiter la pertinence ainsi que le potentiel d'analyse des données collectées, c'est dans ce contexte que s'inscrit ce rapport.

Depuis sa mise en place en 2016, les données ont été analysées tous les 3 ans, en raison du nombre limité d'observations réalisées chaque année. Ce rapport propose donc d'étudier comment les données de sciences participatives issues du programme CIGESMED *for divers* peuvent-elles être exploitées après 6 ans de collecte (2016 -2021), et d'estimer leur fiabilité en les comparant avec les connaissances déjà acquises dans la littérature. Au regard de ces analyses, le but sera de mettre en lumière des informations qui sont difficilement exploitables et/ou fiables pour ainsi proposer des pistes d'amélioration pour le protocole. Ces améliorations tiendront également compte des retours délivrés par les utilisateurs lors des missions de formation et de suivi animées par Septentrion Environnement, auprès des structures de plongée ambassadrices qui relaient et utilisent ce protocole.

Matériels et méthodes

Zone d'étude

Les sites étudiés entre 2016 et 2021 se concentrent sur la côte française méditerranéenne sud-orientale, entre la Côte Bleue, à l'ouest de Marseille, et Antibes (Figure 1). La majorité des sites se trouvent dans le cœur marin du Parc national des Calanques. De plus, la plupart des sites sont situés sur des territoires avec des restrictions comme des zones de non prélèvement, de non diffusion sonore ou de restriction de pêche. Ils sont donc relativement protégés.



Figure 1 : Carte des sites d'observations où le protocole de science participative CIGESMED *for divers* a été appliqué.

Récolte des données

Les données étudiées ont été récoltées à l'aide du protocole de sciences participatives CIGESMED *for divers* en utilisant une plaquette immergeable pré-imprimée (Annexe 1).

Cette plaquette comprend :

- La date, le nom de l'observateur et le nom du site de plongée.
- Les caractéristiques du site de plongée : la profondeur de la thermocline, le courant, la visibilité et la température de l'eau.
- Des informations sur la zone de coralligène observée : l'orientation de l'habitat, la continuité, l'étendue horizontale et verticale, la pente, la rugosité et la profondeur de l'observation.
- Les différentes pressions pouvant être observées sur l'habitat telles que : la présence des algues envahissantes *Caulerpa cylindracea* et *Asparagopsis* spp., la présence de mucilage, la nécrose des organismes fixés, la sédimentation, les dégâts causés par les plongeurs, les engins de pêche abandonnés, les déchets ou encore les marques d'ancrages. Ces pressions sont estimées selon 3 rangs : 0 (absent), + (limité) et ++ (étendu).
- 23 espèces emblématiques de l'habitat coralligène, appartenant à différents groupes fonctionnels et taxonomiques ont été sélectionnées. L'estimation de l'abondance de ces organismes se fait de manière semi-quantitative avec 4 rangs d'abondance : 0 (absent), + (peu abondant), ++ (abondant) ou +++ (très abondant).

Une brève formation est dispensée aux utilisateurs du protocole CIGESMED *for divers* avant l'immersion, afin d'avoir les connaissances de bases nécessaires pour identifier le coralligène, ses caractéristiques, reconnaître les espèces clés de la plaquette et avoir une idée de la méthode d'observation.

Le but est de choisir une zone de coralligène à une profondeur donnée en fonction du niveau de plongée de l'observateur. Une fois le site choisi, le plongeur se stabilise et remplit la plaquette à partir de ce qu'il observe dans un carré fictif dont la longueur correspond environ à la taille de ses bras écartés. Lorsque la plongée est terminée, les utilisateurs peuvent rentrer leurs observations dans l'application mobile POLARIS où l'on peut retrouver les mêmes informations que sur la plaquette. Ces données sont ensuite transmises dans la base de données de Septentrion Environnement.

Traitement des données

Les observations récoltées depuis 2016 ont été triées et rassemblées dans une seule base de données. L'analyse présentée dans cette étude rassemble les 6 années d'application du protocole afin d'avoir un maximum de données pour l'exploitation.

Le logiciel QGIS.org (2022) a été utilisé pour réaliser la cartographie, Microsoft® Excel® 2019 MSO a été utilisé pour créer les graphiques sans analyse statistique et le logiciel R Core Team (2021) pour les analyses statistiques ainsi que les représentations issues de ces analyses. Le seuil de signification α pour tous les tests statistiques est défini à 0,05.

Dans un premier temps, les pourcentages d'informations non renseignées (NA) ont été répertoriés pour chaque variable afin de mettre en lumière quelles sont les informations les plus fiables et celles qui ne retiennent pas l'attention des observateurs.

Un regroupement du nombre d'observations sur chaque site pour les deux grandes périodes d'analyses 2016-2018 (T0) et 2019-2021 (T1) a ensuite été réalisé. Cette analyse a permis de sélectionner les sites avec un minimum de données sur les deux périodes de temps pour pouvoir étudier des espèces associées.

Seuls les sites avec au moins 10 observations au total sur les 6 ans de mise en place du protocole et avec au moins une observation entre T0 et T1 ont été sélectionnés. 4 sites ont donc été retenus : Caramassaigne pain de sucre, Les Pharillons, Les Moyades et Le Tiboulon du Frioul. Pour ces sites, une analyse exploratoire sur l'évolution de l'abondance semi-quantitative des grands taxons entre T0 et T1 a été effectuée. Les observations ont été réparties en deux tranches de profondeur, soit 11 à 20 m et supérieur à 20 m suivant la définition de répartition bathymétrique des récifs coralligènes par Ballesteros (2006).

Après analyse exploratoire, une matrice des corrélations a été créée entre l'abondance des différentes pressions et des espèces observées. La méthode de corrélation de Spearman a été choisie car les données ne sont pas distribuées normalement et relativement peu nombreuses. La même méthode d'analyse a été utilisée pour corrélérer la température de l'eau avec les espèces du coralligène et les pressions d'origine biologique (i.e. les espèces invasives et le mucilage). Toutes les interactions cohérentes significatives au seuil α ont été rapportées avec leur P-value ainsi que le coefficient de corrélation ρ (ρ). Le but est ici d'observer si des interactions présentes dans la littérature peuvent être observées grâce à ces données.

La rugosité a ensuite été mise en relation avec le nombre d'espèces présentes sur les sites, afin d'analyser si des grandes tendances peuvent être observées à l'aide de cette donnée. Une ANOVA a donc été performée sur ces variables car la normalité des résidus au seuil α a été vérifiée (P-value = 0.221) ainsi que l'homogénéité des variances (P-value = 0,567). Un test de Tukey HSD a ensuite été effectué pour observer si le nombre d'espèces présentes sur les substrats plus ou moins rugueux est significativement différent.

La pente a été mise en relation avec l'abondance semi-quantitative des différents taxons présents puis avec *Corallium rubrum* ainsi qu'avec les scléactiniaires qui sont grandement influencés par la pente du substrat et se retrouvent principalement sur des surplombs ou dans des grottes à très faible profondeur (Laborel & Acelet, 1960 ; Gili & Ballesteros, 1991). Les conditions d'application de l'ANOVA n'étant pas remplies, un test non-paramétrique de Kruskal-Wallis ainsi qu'un test de Wilcoxon ont été réalisés pour mettre en lien la pente du substrat et l'abondance de ces deux cnidaires. La pente horizontale n'a pas été prise en compte dans les analyses statistiques en raison du nombre trop faible d'observations pour cette donnée (n = 5).

Résultats

Durant ces 6 ans d'observations avec le protocole CIGESMED *for divers*, 221 observations ont été retenues pour exploitation, soit 87 % des observations totales. Au total, 42 sites ont été observés sur 4 grandes zones avec des régimes de protection particuliers et des restrictions sur les activités de pêche (Figure 1).

Informations non renseignées

La majorité des informations contenues dans la plaquette sont remplies à plus de 98 %. Cependant, certaines informations ont des pourcentages très élevés de valeurs NA, c'est le cas de la thermocline (41,1 %), la profondeur maximale de la plongée (47 %) et l'orientation (24 %).

Tableau 1 : Pourcentage de valeur non attribuée pour chaque information à remplir sur la plaquette CIGESMED *for divers*.

	Pourcentage (%) de NA
Thermocline	41,1764706
Courant	1,35746606
Visibilité	2,26244344
Température de l'eau	8,59728507
Orientation	24,4343891
Continuité	1,80995475
Etendue horizontale	6,33484163
Etendue verticale	4,97737557
Pente	1,35746606
Rugosité	1,35746606
Profondeur de l'observation	0
Profondeur maximale de la plongée	47,0588235
<i>Caulerpa cylindracea</i>	0
<i>Asparagopsis</i> spp.	0
Présence de mucilage	0,45248869
Nécrose	0,45248869
Sédimentation	0,45248869
Dégâts imputables aux plongeurs	0,45248869
Engins de pêche	0,90497738
Déchets	6,33484163
Marques d'ancrages	0,90497738
Espèces	1,6525

Observations :

78% des sites ont 5 ou moins de 5 observations ; seuls 8 sites ont plus de 5 observations au total et parmi eux 4 ont au moins 10 observations entre T0 et T1, notamment les Moyades, les Pharillons, le Tiboulou du Frioul et Caramassaigne pain de sucre. Les Pharillons et les Moyades sont les deux seuls sites à avoir au moins 5 observations durant les deux périodes (Figure 2).

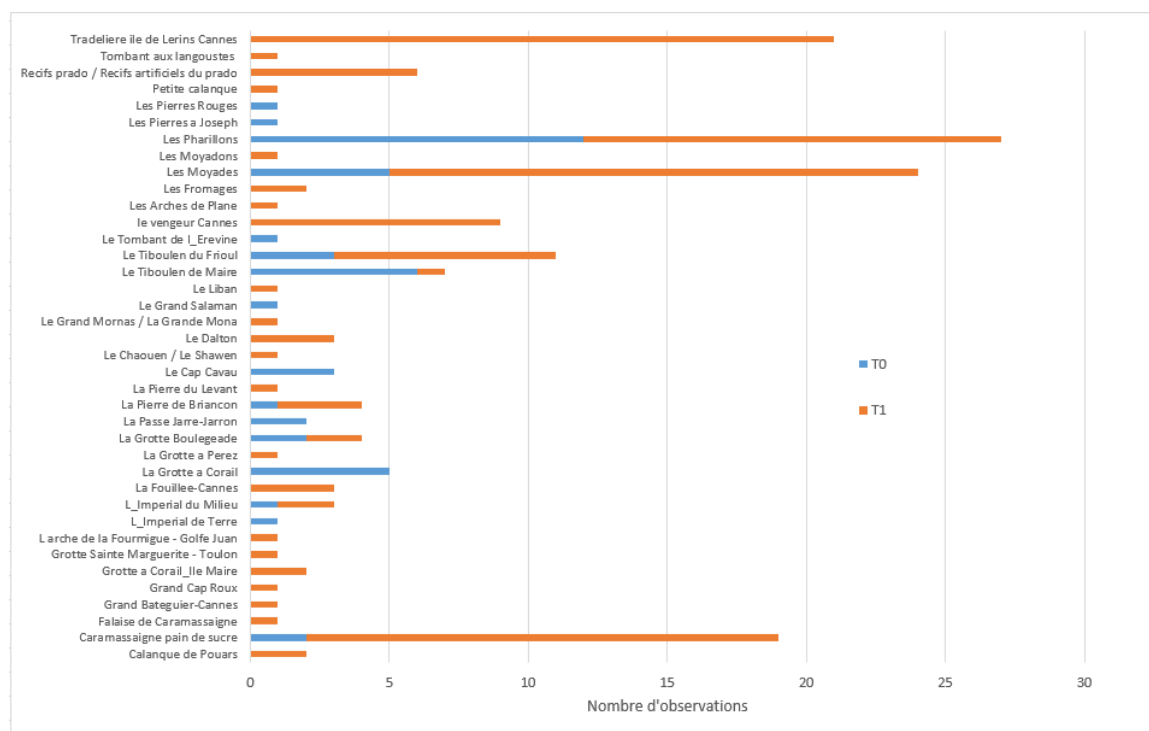


Figure 2 : Nombre d'observations avec le protocole CIGESMED *for divers* par site à T0 et à T1

Température

Sur toutes les corrélations effectuées entre la température et les différentes variables spécifiques, seuls 5 sont significatives. Parmi celles-ci, 3 sont positives avec : le mucilage (P-value = 0,007, $\rho = 0,46$), l'abondance d'*Epinephelus marginatus* (P-value = 0,007, $\rho = 0,46$) et de *Paramuricea clavata* (P-value = 0,005, $\rho = 0,48$). Deux sont négatives avec *Peyssonnelia* spp. (P-value = 0,023, $\rho = -0,39$) et *Axinella* spp. (P-value = 0,046, $\rho = -0,35$).

Les organismes du coralligène :

La liste des espèces étudiées et leur répartition taxonomique est détaillée en Annexe 2.

De manière générale, on observe que les taxons les plus représentés sont les cnidaires, les spongiaires et les algues pour tous les sites, peu importe la profondeur. Les bryozoaires et les poissons sont légèrement moins représentés. Les arthropodes ainsi que les échinodermes sont quant à eux, largement minoritaires. L'abondance des espèces semble relativement plus importante au-delà de 20 mètres de profondeur (Figure 3).

Nous remarquons que les arthropodes ont presque totalement disparu des observations depuis 2018 sur tous les sites et que les échinodermes connaissent eux aussi une forte diminution surtout dans les tranches de profondeurs supérieures à 20 mètres. L'abondance des poissons semble avoir globalement diminué au cours du temps surtout pour les Moyades.

La communauté de Tiboulén du Frioul a fortement évolué entre 11 et 20 mètres au cours de la période d'observation. En effet, le nombre de taxons présents sur le site a diminué de T0 à T1. En revanche, l'abondance de certains de ces taxons comme les cnidaires, les spongiaires et les bryozoaires a augmenté. Pour finir, l'abondance des espèces sur le site des Moyades semble légèrement diminuer tandis que pour les Pharillons, elle présente une tendance à la hausse.

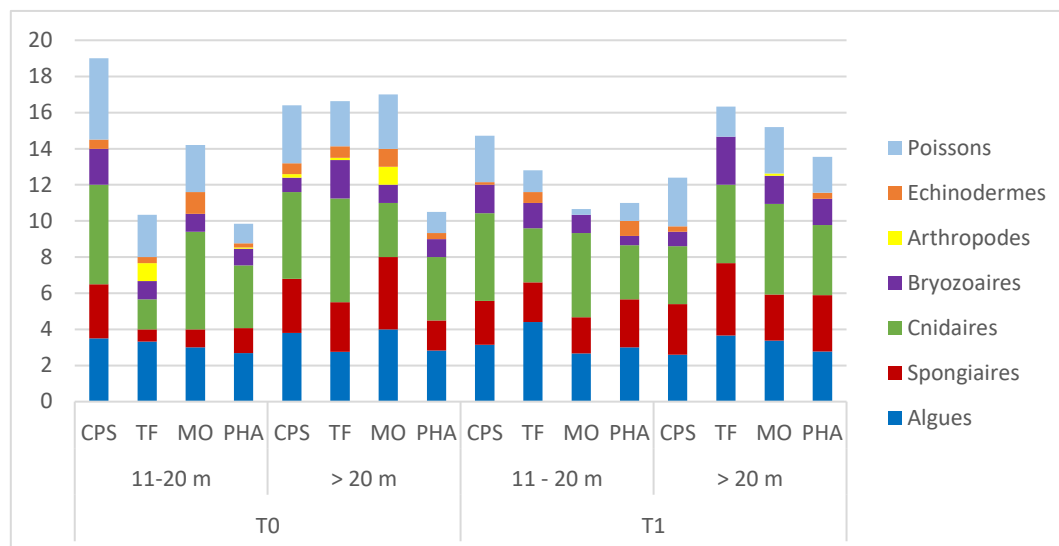


Figure 3 : Rang d'abondance cumulé des taxons par tranche de profondeur sur les 4 sites de plongée les plus observés durant T0 et T1. (CPS : Cramassaigne pain de sucre, TF : Tiboulén du Frioul, MO : Les Moyades, PHA : Les Pharillons)

Les pressions

Les deux pressions les plus présentes sur tous les sites confondus sont les dégâts des plongeurs ainsi que la présence de mucilage, représentant pour chacune d'elle, 14 % des observations, suivies de près par la présence d'*Asparagopsis* spp. (12 %) et de la sédimentation (13 %). En effet, la nécrose n'est pas une pression à proprement parler mais est une conséquence des pressions exercées sur le coralligène et est représentée à 25 % (Figure 4a). Lorsque l'on sépare ces pressions par zone, on observe des tendances différentes (Figure 4b). Sur Fréjus et le Parc Marin de la Côte Bleue, la sédimentation est relativement importante (respectivement 30 % et 25 %). Le mucilage est présent en majorité dans la zone adjacente du Parc national des Calanques (> 30 %). La présence de nécrose est surtout observée sur le Parc Marin de la Côte Bleue et au cœur du Parc national des Calanques (entre 32 % et 37 %). Les autres pressions telles que la présence d'engins de pêche, les déchets, les marques d'ancrages, l'algue envahissante *C. cylindracea* et les autres pressions sont toutes faiblement représentées sur les 4 zones (< 9 %).

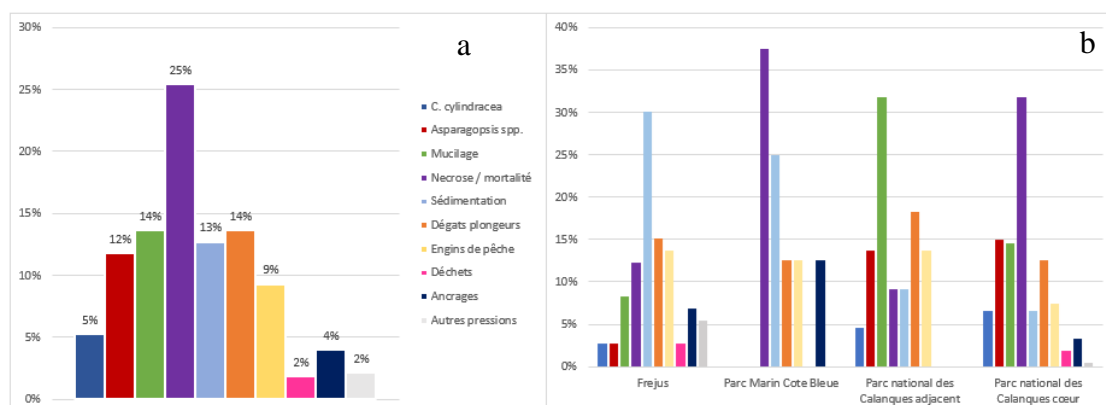


Figure 4 : Pourcentages de pressions observées sur les récifs coralligènes tous sites confondus (a) et par grande zone géographique (b).

Le mucilage est toujours associé à des corrélations négatives avec différentes espèces fixées (Tableau 2). La corrélation la plus significative et importante étant avec les algues rouges calcaires (P-value = 0,0002, $\rho = -0,59$).

La nécrose ne semble avoir une corrélation positive qu'avec la gorgone *P. clavata* (P-value = 0,011, $\rho = -0,43$). En revanche, on observe une corrélation négative avec *Myriapora truncata*. Les trois espèces de gorgones (*Eunicella cavolini*, *Eunicella singularis* ainsi que *P. clavata*) ainsi qu'*E. marginatus* présentent des corrélations négatives avec la sédimentation. Cette dernière est aussi en corrélation positive avec *Peyssonnelia* spp., *Agelas oroides*, *Axinella* spp., *M. truncata*, les autres bryozoaires et les scléractiniaires. La relation la plus significative est avec *M. truncata* (P < 0,0001, $\rho = 0,63$). La présence de marques d'ancrage et de déchets semble corrélée positivement (P-value = 0,02, $\rho = -0,39$).

Tableau 2 : Tableau de corrélation significative ($\alpha = 0,05$) entre pressions, espèces envahissantes et espèces observées sur la plaquette du programme CIGESMED for divers. Les corrélations négatives sont notées en rouge et celles positives en vert.

	P-value	ρ
<i>Caulerpa cylindracea</i> - Déchets	0,00638598	0,4651034
Mucilage-Algues rouges calcaires	0,00027467	-0,5931746
Mucilage-Peyssonnelia spp.	0,01245582	-0,4302071
Mucilage-Agelas oroides	0,03304483	-0,3719651
Mucilage-Axinella spp.	0,03327478	-0,3715143
Mucilage-Myriapora truncata	0,02525055	-0,3890201
Mucilage-Corallium rubrum	0,02565727	-0,3880301
Nécrose-Paramuricea clavata	0,01138257	0,43512445
Nécrose-Myriapora truncata	0,02455883	-0,3907345
Sédimentation-Eunicella cavolini	0,03362619	-0,3708301
Sédimentation-Eunicella singularis	0,02213109	-0,3970847
Sédimentation-Paramuricea clavata	0,00286325	-0,5027804
Sédimentation-Epinephelus marginatus	0,01847538	-0,4078321
Sédimentation-Peyssonnelia spp.	0,03044918	0,37724032
Sédimentation-Agelas oroides	0,0181048	0,40901785
Sédimentation-Axinella spp.	0,02087143	0,40060965
Sédimentation-Myriapora truncata	< 0,0001	0,63309891
Sédimentation-Bryozoaires	0,04409153	0,35270279
Sédimentation-Scléractiniaires	0,02786966	0,38285991
Plongeur-Oursins	0,00722283	0,4589315
Déchets-Ancre	0,02401484	0,39211084

Rugosité

L'ANOVA effectuée pour tester l'effet de la rugosité sur le nombre d'espèces observées indique des différences significatives entre le nombre d'espèces présentes sur une zone d'observation et la taille des anfractuosités (rugosité) du substrat (P-value = 0,001) (Figure 5). Cependant, ces différences restent relativement légères ($\eta^2 = 0,07$). Le test de Tukey HSD met en avant que les différences les plus importantes sont trouvées entre rugosité minuscule et moyenne et minuscule et large. Il n'y a en revanche aucune différence significative entre des rugosités petite, moyenne et large lorsqu'elles sont comparées entre elles

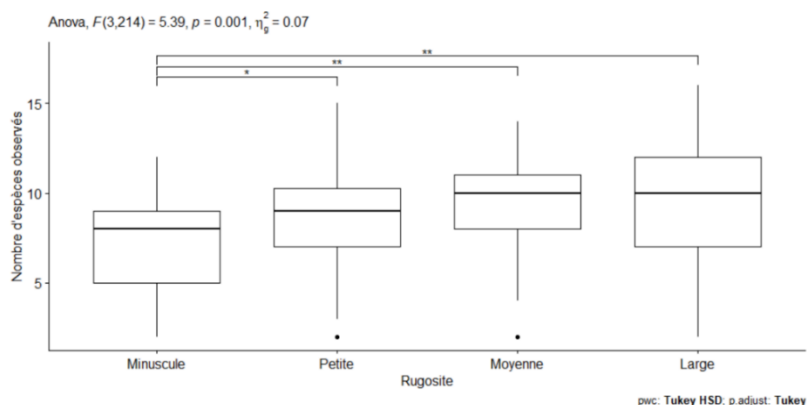


Figure 5 : Diagramme en boîte de la relation entre le nombre d'espèces présentes sur les sites d'observations et la rugosité du substrat. (* : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$)

Pente

Les cnidaires sont essentiellement présents sur les surplombs rocheux (moyenne du rang d'abondance cumulé - MRAC > 5 contre environ 4,5 pour les autres pentes). Les spongiaires sont eux aussi légèrement plus présents sur les surplombs et les tombants verticaux (MRAC entre 2,5 et 3). Les arthropodes, quant à eux, sont retrouvés presque exclusivement sur les plans horizontaux (MRAC d'environ 1) (Figure 6).

Les tests de Kruskal-Wallis réalisés mettent en évidence des différences significatives entre l'abondance de *C. rubrum* (P-value = 0,0001, n = 210) et des scléractiniaires (P-value = 0,001, n = 210) avec l'inclinaison du substrat. Le test de Wilcoxon permet de distinguer des différences significatives entre l'abondance du *C. rubrum* sur les surplombs par rapport aux parois verticales (P-value < 0,05) et une différence très significative entre surplomb et surface inclinée (P-value < 0,001) (Figure 7 a). Pour les scléractiniaires, les mêmes relations sont observées. Cependant, la différence entre l'abondance sur les surplombs et les parois inclinées est moins significative (P-value < 0,01) (Figure 7 b).

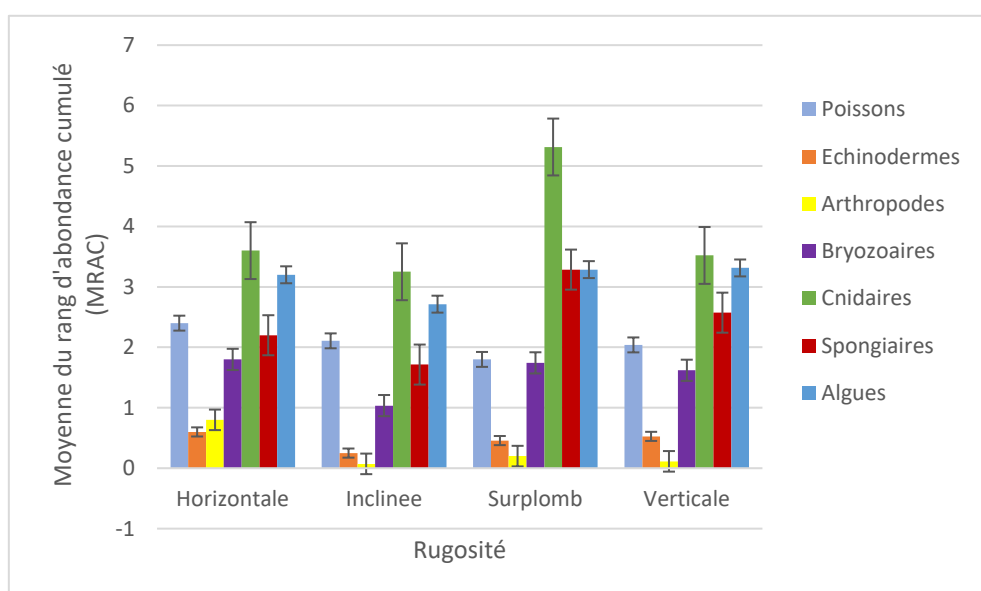


Figure 6 : Moyenne du rang d'abondance cumulé des taxons pour chaque type de pente des sites d'observations. L'erreur standard est indiquée par les barres noires.

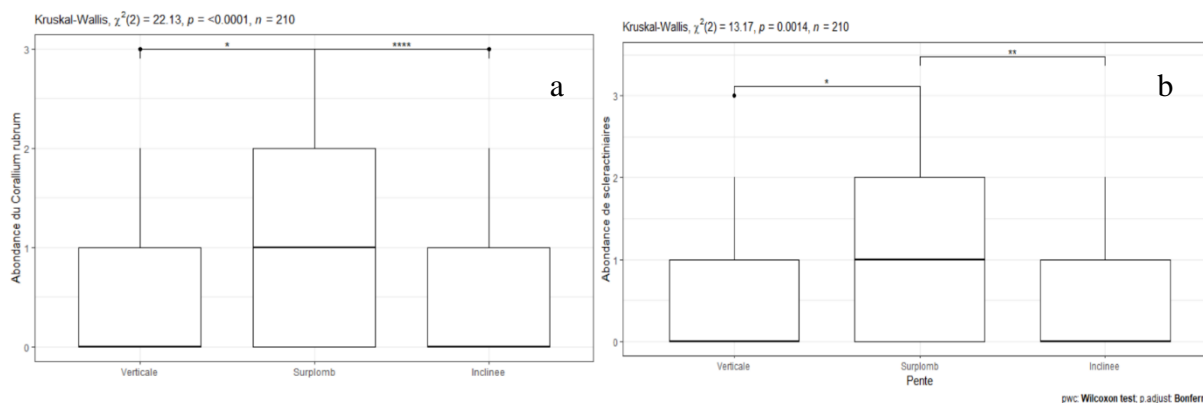


Figure 7 : Diagramme en boîte des relations entre abondance de *Corallium rubrum* (a) et les scléractiniaires (b) sur chaque type de pente. (* : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$)

Discussion

Observations et choix des sites

Sur plus de 6 ans, la grande majorité des sites ont un nombre d'observation trop faible pour obtenir des estimations solides et pouvoir réaliser des analyses statistiques fiables. Les informations récoltées sur les sites sont très hétérogènes et certains sont bien plus visités que d'autres conduisant à une disparité dans les données. C'est le cas pour les Pharillons et le Tiboulou du Frioul qui sont souvent sélectionnés lorsque la météo n'est pas favorable, ou encore Caramassaigne pain de sucre et les Moyades qui sont des sites avec une richesse spécifique importante et accessibles pour tous les niveaux.

De plus, l'expérience des observateurs peut contribuer à l'apparition de certains biais lors du remplissage de la plaquette, ou encore limiter la profondeur d'observation pour les plongeurs de niveau 1 et 2. Ces biais sont néanmoins limités grâce à la formation dispensée avant les plongées d'observations.

Un manque de renseignement pour quelques variables contribue encore à limiter la robustesse des données. Les informations les moins renseignées sont la thermocline, la profondeur maximale ou encore l'orientation. Ces lacunes sont dues à une négligence, un oubli ou des difficultés rencontrées par certains plongeurs. C'est le cas de l'orientation qui nécessite une boussole que tous les observateurs n'ont pas et de la thermocline qui est souvent oubliée lors de la remontée. Pour renforcer la fiabilité des observations, quelques solutions peuvent être appliquées au protocole CIGESMED *for divers* et seront détaillées par la suite.

Pertinence des variables

Profondeur

La profondeur est sans doute une des variables les plus importantes, car les communautés associées au coralligène sont très différentes selon la bathymétrie (Ballesteros, 2006). Cette variable est fiable car elle ne dépend pas de l'observateur mais directement de l'ordinateur de plongée. Elle est essentielle pour identifier des informations aberrantes et caractériser les observations. C'est pourquoi les données POLARIS arrivant dans la base de données sans information sur la profondeur ne sont pas et ne peuvent pas être traitées. Il est donc nécessaire d'insister sur ce facteur auprès des utilisateurs.

Température

La température est elle aussi une information primordiale et encore une fois relevée grâce à l'ordinateur ce qui diminue fortement les biais pour cette observation. Les assemblages d'espèces ainsi que les pressions biologiques sont largement influencés par cette variable. Cette influence peut notamment être observée grâce à la corrélation positive entre température et mucilage qui est soutenue dans la littérature par Sartoni et al. (2008). Le protocole CIGESMED *for divers* peut donc permettre le suivi de l'évolution d'une source de stress saisonnière pour les organismes fixés du coralligène tel que le développement des algues mucilagineuses en lien avec les variations de température de l'eau. Grâce à l'intérêt croissant des structures de plongée pour les sciences participatives et à l'enthousiasme des plongeurs de loisir, ce suivi pourra continuer sur le long terme et contribuera aux connaissances sur ce phénomène.

A l'exception d'*E. marginatus* qui a tendance à se cacher lorsque la température baisse (Koeck et al., 2014), la plupart des corrélations ne sont pas pertinentes et sont le fruit du hasard. Cette observation montre que même si certaines données sont fiables comme la température, leur mise en relation peut être délicate si les autres variables ne sont pas suffisamment robustes.

Organismes du coralligène

Les 23 espèces sélectionnées ont toutes été observées au moins une fois sauf les œufs de raies/requins. La valeur de cette information n'est donc pas très pertinente au regard de la diversité des sites observés et de la durée de l'échantillonnage.

La plupart des taxons à l'exception des arthropodes et des échinodermes, ne présente pas de variation remarquable entre T0 et T1 ce qui peut être dû à :

- L'absence d'évolution du milieu durant les 6 ans d'échantillonnage, en effet, les communautés associées au coralligène sont relativement stables au cours du temps (Ballesteros, 2006).
- A l'aspect semi-quantitatif des données, restreignant ainsi la précision de l'information collectée.
- Au biais généré par des observateurs novices pouvant noter une espèce comme absente ou présente à tort. Cette information erronée peu notamment survenir sur les espèces les plus petites et/ou difficilement reconnaissables telles que les éponges, les scléactiniaires ou encore les bryozoaires.

Néanmoins, même si les faibles variations au sein des taxons ne peuvent pas être observées, ces données peuvent alarmer les gestionnaires lorsqu'une espèce présente une diminution drastique d'abondance. C'est le cas ici pour les arthropodes et les échinodermes au sein des quatre sites sélectionnés. Ces deux taxons sont relativement faciles à reconnaître et au vu de la taille de la zone étudiée, la présence d'un de ces animaux ne passe pas inaperçue pour l'observateur. Ces données apparaissent donc potentiellement fiables. Ces espèces sont très sensibles aux perturbations et notamment à la pollution, elles pourraient donc servir de premier indicateur quant à l'état général des récifs et aux pressions humaines qu'ils subissent (Ballesteros, 2006). Les informations sur les diverses espèces emblématiques du coralligène peuvent conduire à une étude plus poussée des sites où l'abondance de celles-ci diminue fortement.

Les pressions

Lors du précédent rapport de CIGESMED *for divers* (Gatti & Barth, 2020), les différentes pressions étaient présentes dans des proportions similaires à celles observés ici, montrant une certaine homogénéité dans le discernement de l'abondance de chaque pression. Cependant, toutes les zones ne sont pas atteintes par les mêmes pressions. Par exemple, le mucilage est l'une des pressions principales s'exerçant sur la zone adjacente du Parc national des Calanques tandis que Fréjus et le Parc Marin de la Côte bleue sont soumis essentiellement à la sédimentation.

Le mucilage est malgré tout majoritaire sur toutes zones confondues et les résultats indiquent que 6 espèces de taxons différents ont des corrélations négatives avec sa présence. Les espèces touchées (algues rouges calcaires, *Peyssonnelia* spp., *A. oroides*, *Axinella* spp., *M. truncata*, *C. rubrum*) sont en accord avec les études menées par Özalp (2021) et Coma & Ribes (2003) qui

montrent une influence néfaste du mucilage sur chacune d'elles. Cette observation peut indiquer une bonne fiabilité de ces données.

La nécrose est quant à elle très présente sur le Parc Marin de la Cote Bleue et le cœur du Parc national des Calanques. La corrélation positive avec *P. clavata* semble logique étant donné que ces observations se font sur les gorgones. Néanmoins, aucune corrélation n'a été remarquée avec les autres espèces de gorgonaires. Il pourrait donc être intéressant de noter les espèces sur lesquelles se trouvent ces nécroses.

La corrélation négative avec *M. truncata* peut être due à un hasard ou par le fait que si des nécroses sont présentes sur des gorgones, les bryozoaires sont eux aussi impactés (Garrahou et al., 2009). Malheureusement, on ne peut pas vérifier cette corrélation car la nécrose n'a pas été relevée sur ce taxon. Cette pression devrait donc sans doute être aussi observée sur d'autres organismes comme les bryozoaires, souvent décrits comme de bons indicateurs par Ballesteros (2006), afin d'obtenir un aperçu plus complet de l'état de santé du coralligène.

La sédimentation présente certaines corrélations significatives intéressantes. En effet, la corrélation négative avec différentes espèces de gorgones est soutenue par Valisano et al. (2016) qui met en avant la sensibilité des gorgonides face à cette pression. La corrélation positive avec les bryozoaires et les éponges est quant à elle soutenue par Balata et al. (2005) montrant que ces espèces sont mieux adaptées que d'autres aux conditions de sédimentation importante. Cependant les corrélations avec *E. marginatus* et les scléactiniaires ne correspondent pas aux observations faites par ces auteurs. Cette information permet donc de mettre en avant des interactions intéressantes malgré des corrélations impertinentes. Même si cette pression semble relativement bien renseignée, il est nécessaire de préciser aux observateurs ce qu'est un site soumis à une forte sédimentation ou non, car les plongeurs volontaires ont souvent manifesté des difficultés pour l'identifier.

Les déchets, les marques d'ancrages et la présence d'engins de pêches sont relativement faciles à repérer pour les plongeurs et sont d'importance cruciale pour protéger les sites car ils permettent d'observer directement l'impact anthropique sur une zone. Ces informations peuvent ainsi conduire à l'installation de mouillage fixe pour éviter la dégradation du substrat, à la surveillance régulière des bateaux présents sur site ou encore à des opérations de nettoyage des déchets et des filets. Ces pressions peuvent éventuellement être considérées durant toute la plongée et plus uniquement sur la zone d'observation afin d'avoir une idée plus globale des dangers pesant sur le site.

Pour finir, les dégâts imputables aux plongeurs n'ont pas permis de mettre en avant des corrélations pertinentes. Cette pression reste relativement subjective et il est parfois difficile d'observer les dégâts des précédents plongeurs. Ils sont en effet observés sur le fond ou sur les gorgones afin d'identifier les morceaux cassés, ce qui nécessite une certaine attention de l'observateur. Malgré tout, la présence de cette pression sur la plaquette est utile pour sensibiliser les plongeurs à leur propre impact. L'annotation de cette pression peut évoluer sur une observation des mauvais comportements remarqués directement lors de la plongée POLARIS.

Caractéristiques des sites

La rugosité est un paramètre important pour les habitats benthiques, notamment au sein des récifs coralligènes (Virgilio et al., 2006). Il y a un consensus scientifique pour dire que

globalement, plus un habitat a une structure complexe, plus la variété des espèces présentes sera importante. La rugosité est aussi le reflet des perturbations et des stress qui s'exercent sur un site (Fuad, 2010). Bien qu'il n'y ait pas encore d'étude sur le lien entre rugosité et variété spécifique sur le coralligène, il est possible de faire l'analogie avec les récifs coralliens, qui sont les écosystèmes avec les caractéristiques les plus proches, et ainsi essayer d'observer si les données de CIGESMED *for divers* permettent de montrer des liens entre diversité des espèces et rugosité.

La complexité morphologique du substrat coralligène semble avoir une influence sur le nombre d'espèces observées. En revanche, ces différences ne sont significatives qu'entre la rugosité minuscule et les autres. Aucune différence n'est démontrée entre moyenne et large par exemple. Le manque d'étude sur ce sujet ne permet pas de comparer ces résultats à la littérature (Virgilio et al., 2006). Cependant, la méthode utilisée actuellement pour renseigner la rugosité (à l'aide du doigt, du poing, de la tête ou des épaules) semble plutôt efficace et permet d'avoir une bonne idée de la complexité du substrat présent sur la zone d'observation et peut servir de première hypothèse pour de futures études.

La pente a elle aussi une influence sur les espèces présentes sur le coralligène et notamment sur *C. rubrum* et les scléractiniaires, car ce sont essentiellement des espèces sciaphiles retrouvées sur des surfaces orientées vers le bas (Virgilio et al., 2006). Les résultats ont mis en évidence une surreprésentation des cnidaires, comparés aux autres espèces, au niveau des parois surplombantes. Cette information est pertinente lorsqu'elle est mise en lien avec la profondeur et permet ainsi de caractériser les conditions de luminosité de la zone observée. De plus, elle permet d'identifier certaines erreurs d'identification des espèces sciaphiles.

L'orientation n'a pas pu être analysée car cette information n'est renseignée qu'à 76% et l'analyse exploratoire ainsi que le manque d'information dans la littérature n'ont pas permis de distinguer de potentiels liens entre changement de composition des communautés et orientation du site. Il en va de même pour l'étendue horizontale, ainsi que la continuité de l'habitat. Ces variables ne peuvent pas être exploitées et mises en lien avec d'autres variables pour le moment car leur fiabilité reste limitée et elles sont souvent non-renseignées ou impertinentes. Elles permettent avant tout de caractériser un site et de faire un premier état des lieux de l'observation renseignée par le plongeur.

Durant toute la période d'échantillonnage, l'étendue verticale, calculée à partir de la profondeur minimum et maximum à laquelle est observée le coralligène, a souvent été mal comprise par les observateurs, conduisant à des valeurs incohérentes au sein même d'une seule palanquée rendant ces données inexploitable. Cette variable peut s'avérer très utile car elle pourrait permettre de définir la profondeur moyenne à laquelle se trouve le coralligène sur chacun des sites, c'est pourquoi il est nécessaire d'insister sur la manière de noter cette information pour les futures plongées POLARIS.

Le courant ainsi que la visibilité évoluent fortement suivant les jours d'observations. Ces paramètres ont besoin d'être observés en continu pour pouvoir définir les conditions hydrodynamiques annuelles dans lesquelles se développent les communautés coralligènes, or le manque de continuité de ces données ne le permet pas. En revanche, ces deux informations peuvent être utilisées pour caractériser la difficulté de l'observation et la fiabilité de l'information récoltée.

Pour finir, la thermocline ne peut pas être exploitée comme discuté précédemment car trop souvent oubliée par les plongeurs. Cette information pourrait malheureusement être très utile pour observer les variations de la thermocline lors de période de forte chaleur et les mettre en relation avec les événements de mortalité observés.

Pistes d'améliorations

Suite à la discussion, aux pistes explorées et aux retours faits par les observateurs de CIGESMED *for divers*, quelques solutions d'amélioration peuvent être proposées :

Formation/ briefing

- Conseiller aux observateurs de se concentrer sur quelques sites et privilégier ceux qui font déjà l'objet d'un suivi pour permettre d'étudier le coralligène à long terme. Cette solution est en adéquation avec les retours faits par les clubs ambassadeurs du programme indiquant qu'il est plus simple pour la plupart des structures de déployer le protocole sur un ou deux sites seulement afin de se familiariser avec l'environnement. Les sites les plus intéressants pour continuer CIGESMED *for divers* dans le Parc national des Calanques seraient par exemple Caramassaigne pain de sucre, le Tiboulen du Frioul, les Moyades et les Pharillons.
- Former plus de clubs de plongée afin de diversifier les profils des plongeurs et augmenter le nombre d'observations.
- Insister sur la reconnaissance de chaque pression et ce qui peut être considéré comme abondant ou non, notamment pour la sédimentation et le mucilage.
- Faire un repérage des déchets, des engins de pêche et des dégâts imputables aux plongeurs durant toute la plongée.
- Insister sur l'étendue verticale afin que tous les observateurs comprennent bien le but de cette information.

Plaquette

- Supprimer les œufs de raie/requin sur la plaquette.
- Faire évoluer certaines photos pour faciliter l'observation aux plongeurs telles que les *Peyssonnelia* spp., les *Axinella* spp., les *Asparagopsis* spp. ou les bryozoaires.
- Indiquer clairement sur la plaquette à quels grands groupes appartient chaque espèce.
- Proposer une plaquette avec plus d'espèces pour les observateurs confirmés.
- Noter l'espèce concernée par la nécrose.

Matériel

- Fournir des boussoles aux observateurs et leur rappeler de bien remplir toutes les informations sur la plaquette telle que la thermocline lors de la remontée.
- Continuer à stabiliser l'application POLARIS et la rendre toujours plus ergonomique afin de faciliter l'intégration des données.

Données

- Proposer un indice de fiabilité de chaque observation en prenant en compte l'expérience du plongeur, le courant ainsi que la visibilité lors de l'observation.

Conclusion

Le programme de sciences participatives CIGESMED *for divers* permet d'apporter des informations supplémentaires utiles participant ainsi à l'augmentation des connaissances générales sur les récifs coralligènes méditerranéens. Certaines données récoltées peuvent servir de base pour réaliser de futures études. Il est néanmoins nécessaire de poursuivre les observations sur du long terme et mettre à jour le protocole pour permettre d'observer de manière plus précise d'éventuels changements au sein des espèces associées aux récifs coralligènes ainsi qu'aux pressions exercées sur ces écosystèmes. Le suivi déjà mis en place auprès des clubs ambassadeurs doit continuer pour garantir la fiabilité des données et des retours réguliers aux participants doivent être réalisés afin de conserver la motivation pour continuer les observations.

Le but à atteindre à l'heure actuelle, est d'étendre CIGESMED *for divers* sur tout le bassin méditerranéen français et réussir à intégrer les différents acteurs du territoire (plongeurs, moniteurs, parcs marins, financeurs, associations...) au projet afin de pouvoir fournir une action collective et pertinente pour la conservation de ces concrétions d'algues calcaires constituant un biotope essentiel pour les communautés associées.

Bibliographie :

- Balata D, Piazzì L, Cecchi E, Cinelli F (2005) Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposition. *Marine environmental research*, 60, 403–421.
- Ballesteros E (2005) Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology : An annual Review* 44, 123-195.
- Barth L, (2020) POLARIS : La plongée citoyenne utile pour la Science, pour l'Homme et pour l'Environnement. *Septentrion Environnement*, 1-15.
- Coma R, Ribes M (2003). Seasonal energetic constraints in Mediterranean benthic suspension feeders: effects at different levels of ecological organization. *Oikos* 101, 205–215.
- De Ville d'Avray LT, Ami D, Chenuil A, David R, Féral J-P (2019). Application of the ecosystem service concept at a small-scale: The cases of coralligenous habitats in the North-western Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 138, 160-170.
- Duarte C.M (2014). Global change and the future ocean: a grand challenge for marine sciences. *Frontiers in Marine Science*, 1, 63.
- Ferrigno F, Appolloni L, Russo G.F, Sandulli R (2018). Impact of fishing activities on different coralligenous assemblages of Gulf of Naples (Italy). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98, 41-50.
- Fuad M.A.Z (2010). Coral reef rugosity and coral biodiversity, *Bunaken National Park-North Sulawesi, Indonesia Tourism*, 60.
- García-Gómez J.C, González A.R, Maestre M.J, Espinosa F (2020). Detect coastal disturbances and climate change effects in coralligenous community through sentinel stations. *PloS one*, 15(5), e0231641.
- Garrahou J, Coma R, Bensoussan N, Bally M, Chevaldonné P, Cigliano M, Díaz D, Harmelin J.G, Gambi M.C, Kersting D.K (2009). Mass mortality in Northwestern Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave. *Global change biology*, 15(5), 1090-1103.
- Gatti G, Barth L (2020). Présentation de résultats issus de données collectées à travers la plateforme de sciences participatives POLARIS dans le cadre du programme de recherche CIGESMED. *Septentrion Environnement*, 1-45.
- Gili J.M, Ballesteros E (1991). Structure of cnidarian populations in Mediterranean sublittoral benthic communities as a result of adaptation to different environmental conditions. *Oecologia aquatica*, 10, 243-254.
- Koeck B, Pastor J, Saragoni G, Dalias N, Payrot J, Lendant P (2014). Diel and seasonal movement pattern of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* inside a marine reserve. *Marine Environmental Research*, 94, 38-47.
- Laborel J (1960). Contribution à l'étude directe des peuplements benthiques sciaphiles sur substrat rocheux en Méditerranée. *Receuil des travaux de la Station Marine d'Endoume*, 20, 117-174.

- Linares C, Zabala M, Garrabou J, Coma R, Diaz D, Dantart L (2010). Assessing the impact of diving in coralligenous communities : The usefulness of demographic studies of red gorgonian populations, *Sci Rep Port-Cros Natl Park*, 24, 161-184.
- Marion A.F (1883). Esquisse d'une topographie zoologique du Golfe de Marseille. *Annales Muse d'Histoire Naturelle Marseille*, 1, 1-108.
- Özalp H.B (2021). A preliminary assessment of the mass mortality of some benthic species due to the mucilage phenomenon of 2021 in the Çanakkale Strait (Dardanelles) and North Aegean Sea, *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 27(2).
- Piazzzi L, Gennaro P, Balata D (2012). Threats to macroalgal coralligenous assemblages in the Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 64(12), 2623-2629
- Sartoni G, Urbani R, Sist P, Berto D, Nuccio C, Giani M (2008). Benthic mucilaginous aggregates in the Mediterranean Sea : Origin, Chemical composition and polysaccharide characterization. *Marine Chemistry*, 11, 184-198.
- Thiel M, Penna-Diaz M.A, Luna-Jorquera G, Salas S, Sellanes J, Stotz W (2014) .Citizen scientists and marine research : volunteer participants, their contributions, and projection for the future. *Oceanography and marine biology : An Annual Review*, 52, 257-314.
- Valisano L, Notari F, Mori M, Cerrano C (2016). Temporal variability of sedimentation rates and mobile fauna inside and outside a gorgonian garden. *Marine Ecology*, 37(6), 1303-1314.
- Virgilio M, Airolidi L, Abbiati M (2006). Spatial and temporal variations of assemblages in a Mediterranean coralligenous reef and relationships with surface orientation. *Coral Reefs*, 25, 265–272.

Logiciels :

QGIS.org, 2022. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

R version 4.1.1 (2021-08-10) -- "Kick Things"

Copyright (C) 2021 The R Foundation for Statistical Computing

Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

Microsoft® Excel® 2019 MSO (Version 2205 Build 16.0.15225.20172) 64 bits

Annexes

Annexe 1 : Plaquette immergeable pour le programme CIGESMED *for divers*. Version datant de 2020 (Gatti & Barth, 2020).

GROUPEMENTS TAXONOMIQUES	
Algues	Algues rouges calcaires, <i>Peyssonnelia</i> spp.
Spongiaires	<i>Agelas oroides</i> , <i>Axinella</i> spp., <i>Cliona</i> spp.
Cnidaires	<i>Eunicella cavolini</i> , <i>Eunicella singularis</i> , <i>Paramuricea clavata</i> , <i>Leptogorgia sarmentosa</i> , <i>Savalia savaglia</i> , Scléractiniaires, <i>Corallium rubrum</i>
Bryozoaires	<i>Myriapora truncata</i> , Autres bryozoaires
Arthropodes (Crustacés)	<i>Palinurus elephas</i> , <i>Homarus gammarus</i> , <i>Scillarides latus</i>
Echinodermes (Oursins)	<i>Centrostephanus longispinus</i> , Autres oursins
Poissons	<i>Anthias anthias</i> , <i>Epinephelus marginatus</i> , <i>Scorpaena</i> spp.

Annexe 2 : Répartitions des espèces présentes sur la plaquette en groupes taxonomiques (Gatti & Barth, 2020).

Résumé

Les récifs coralligènes forment un biotope clef pour les environnements marins méditerranéens, leur suivi est donc essentiel. Dans ce cadre, le protocole de sciences participatives CIGESMED *for divers* mis en place par Septentrion Environnement en lien avec l'application POLARIS, a pour objectif d'apporter des connaissances complémentaires aux scientifiques concernant les récifs coralligènes. Après 6 ans de récolte d'informations par les plongeurs volontaires, ce rapport tente de proposer des pistes d'évolution et d'amélioration du protocole ainsi que de la plaquette immergeable afin de continuer l'acquisition de données fiables, utiles et simples à renseigner. Les résultats obtenus montrent que certaines informations telles que la température, la profondeur, les pressions, la rugosité, la pente et certaines espèces sont indispensables pour avoir un aperçu de l'évolution des communautés associées à cet écosystème benthique. D'autres variables sont moins pertinentes, c'est le cas pour l'extension verticale et horizontale, la continuité, le courant, l'orientation du site ou encore la visibilité. Néanmoins, elles peuvent permettre de caractériser la répartition ainsi que la structure de ce bioherme aidant ainsi à définir le paysage coralligène présent en Méditerranée nord-occidentale. Ce rapport a permis d'aboutir à une mise à jour de la plaquette immergeable.

Mots clefs: Action citoyenne, Coralligène, Surveillance participative, Méditerranée, Environnement benthique, Bioherme.

Abstract

Coralligenous reefs form a key biotope for the Mediterranean marine environment, and monitoring them is therefore essential. In this context, the CIGESMED *for divers* citizen science protocol set up by Septentrion Environnement linked with the POLARIS application aims to provide scientists with additional knowledge about coralligenous reefs. After 6 years of data collection by volunteer divers, this report attempts to propose ways of developing and improving the protocol and the dive-slate in order to continue acquiring reliable, useful and easy-to-use data. The results obtained show that certain information such as temperature, depth, pressure, roughness, slope and certain species are essential to gain an insight into the evolution of the communities associated with this benthic ecosystem. Other variables are less relevant, such as vertical and horizontal extension, continuity, current, site orientation and visibility. Nevertheless, they can be used to characterise the distribution and structure of this bioherm, thus helping to define the coralligenous landscape present in the north-western Mediterranean. This report led to an update of the dive-slate.

Keywords: Citizen action, Coralligenous, Participatory monitoring, Mediterranean, Benthic environment, Bioherm